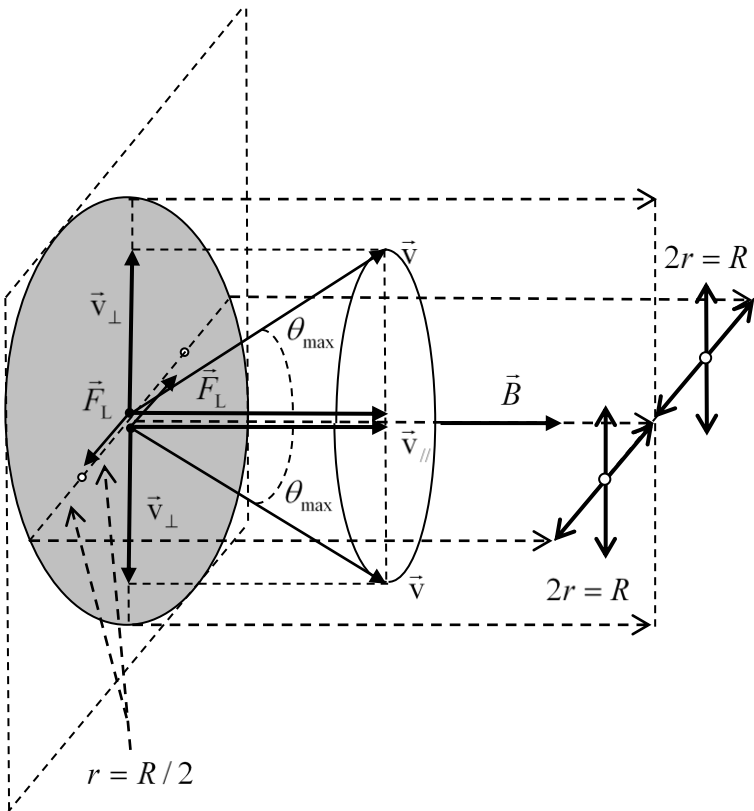


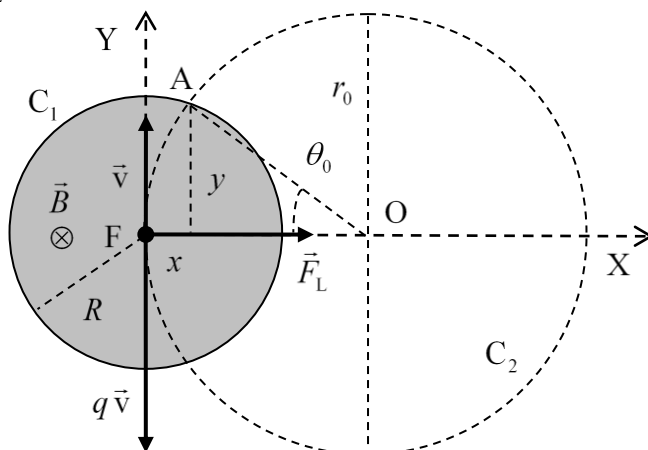


Problema 1 - Electromagnetism	Parțial	Punctaj
Barem Problema 1		10
a)		5
<p>Deschiderea unghiulară maximă a conului pentru care electronii emiși de filament mai rămân în spațiul dintre piesele polare, θ_{\max}, este notată în desenul din figura alăturată.</p> 	0,5 p	
$\sin \theta_{\max} = \frac{qBR}{2m v}.$	0,5 p	
<p>Electronii emiși din centrul piesei polare Nord, sub unghiul θ_{\max}, rămân în spațiul dintre cele două piese polare, deplasându-se de-a lungul spirelor elicei, străbătând distanța maximă posibilă, într-o mișcare uniformă, cu viteza v. Ca urmare durata acestei mișcări este maximă.</p> $t_{\max} = \frac{d}{v \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{qBR}{2m v}\right)^2}};$ $D_{\max} = v \cdot t_{\max} = \frac{d}{\sqrt{1 - \left(\frac{qBR}{2m v}\right)^2}}.$	1 p	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



Distanța parcursă de un electron în spațiul dintre cele două piese polare este minimă, dacă el a fost emis din centrul piesei polare Nord, pe o direcție aflată chiar în planul piesei polare Nord (sub un unghi $\theta = \pi/2$), așa cum indică desenul din figura alăturată, unde traiectoria electronului este un sector din cercul C_2 , a cărui rază este:



$$r_0 = \frac{r}{\sin \theta_{\max}} = \frac{R}{2 \sin \theta_{\max}} > \frac{R}{2}.$$

0,5 p

Scriind ecuațiile celor două cercuri:

$$C_1; x^2 + y^2 = R^2;$$

$$C_2; (x - r_0)^2 + y^2 = r_0^2;$$

$$x = R \sin \theta_{\max}; y = R \cos \theta_{\max},$$

rezultă:

$$D_{\min} = L_{\text{arc}(FA)} = \theta_0 r_0;$$

$$D_{\min} = \frac{2mv}{qB} \cdot \arcsin\left(\frac{qBR}{2mv}\right);$$

$$t_{\min} = \frac{D_{\min}}{v} = \frac{2m}{qB} \cdot \arcsin\left(\frac{qBR}{2mv}\right).$$

1,5 p

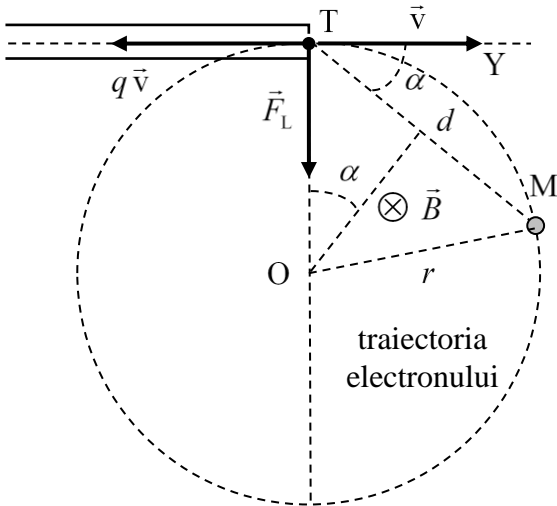
Dacă distanța dintre piesele polare Nord și Sud este d , atunci distanța parcursă de electronul emis din centrul piesei polare Nord, sub unghiul calculat θ_{\max} , este maximă maximorum, când elicea se sfârșește în centrul piesei polare Sud, adică atunci când distanța dintre piesele polare este un multiplu întreg al pasului elicei:

$$d = kp; k = 1, 2, 3, \dots$$

$$p = v_{\parallel} T = \frac{2\pi n v}{qB} \cos \theta_{\max}; p = \frac{\pi R}{\tan \theta_{\max}}.$$

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



$d = k \cdot \frac{\pi R}{\tan \theta_{\max}};$ $d = k \cdot \frac{\sqrt{(2mv)^2 - (qBR)^2}}{qBR},$ $B = \frac{2\pi kmv}{q\sqrt{d^2 + k^2\pi^2 R^2}}; k = 1, 2, 3, \dots$	1 p	
<p>b)</p>		3
<p>Când orientarea vectorului inducție magnetică, \vec{B}, este aceea indicată în figura alăturată, atunci electronii plecați din T se vor deplasa pe un același arc de cerc și vor ajunge pe ținta M, dacă:</p>  <p style="text-align: center;">traectoria electronului</p> $\sin \alpha = \frac{d}{2} \cdot B \cdot \sqrt{\frac{q}{2mU}};$ $B = \frac{2}{d} \cdot \sqrt{\frac{2mU}{q}} \cdot \sin \alpha.$	1 p	
<p>Când orientarea vectorului inducție magnetică, \vec{B}, este aceea indicată în figura alăturată, atunci electronii plecați din T se vor deplasa pe o spirală și vor ajunge pe ținta M dacă pasul spiralei (p) se va cuprinde de un număr întreg de ori (k) în distanța d, astfel încât:</p> $p = 2\pi \frac{mv \cos \alpha}{qB};$ $d = kp = 2\pi k \frac{mv \cos \alpha}{qB}; v = \sqrt{\frac{2qU}{m}};$		

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



$d = \frac{2\pi k \cos\alpha}{B} \cdot \sqrt{\frac{2mU}{q}};$ $B = k \cdot \frac{2\pi \cos\alpha}{d} \cdot \sqrt{\frac{2mU}{q}}; k = 1, 2, 3, \dots$	1 p	
	1 p	
c)		1
<p>Datorită disocierii moleculelor de NaCl, în apa mării se află ioni de Na^+ și ioni de Cl^- în stare liberă. Câmpurile electrice ale celor două benzi metalice vor acționa asupra celor două tipuri de ioni, deplasându-i în sensuri opuse, în jurul submarinului. Ca urmare, în jurul submarinului, atât prin partea sa superioară, cât și prin partea sa inferioară, se vor constitui curenți ionici al căror sens este de la banda (+) spre banda (-). Cele două tipuri de ioni se deplasează în sensuri opuse, dar mișcărilor lor sunt echivalente cu doi curenți electrici de același sens.</p> <p>Deplasându-se în câmpul magnetic al electromagnetului, asupra acestor ioni vor acționa forțe Lorentz, $\vec{F}_L = q\vec{v} \times \vec{B}$. Pentru oricare dintre cele două tipuri de ioni, oriunde s-ar afla ei în apropierea submarinului, forțele Lorentz sunt orientate în același sens, de-a lungul submarinului, așa cum indică figura alăturată.</p>		

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



	0,75 p	
<p>Efectul acestor forțe Lorentz va fi împingerea apei de-a lungul submarinului. Ca urmare a principiului acțiunilor reciproce, submarinul va fi propulsat în sens invers.</p> <p>Schimbarea sensului de înaintare a submarinului se poate face fie prin schimbarea polarităților electrice ale celor două benzi, fie prin schimbarea polarității electromagnetului.</p>	0,25 p	
Oficiu		1

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



Problema 2 – Oscilații armonice și Termodinamică	Parțial	Punctaj
Barem Problema 2		10
a)		5
<p>În desenele din figura alăturată este reprezentat sistemul la momentul inițial, când presiunile gazelor din cele două compartimente sunt egale și apoi în momentul eliberării elementelor sistemului, după ce pistonul fusese deplasat spre dreapta pe distanța y_0.</p>	0,5 p	
<p>Evoluțiile gazelor din cele două compartimente fiind izoterme, calculăm forța de presiune rezultantă care acționează asupra pistonului în momentul eliberării sistemului, atunci când elementele acestuia sunt în repaus:</p> $F_1 \approx p_0 S \left(1 - \frac{y_0 S}{V_{01}} \right); F_2 \approx p_0 S \left(1 + \frac{y_0 S}{V_{02}} \right);$ $F = F_2 - F_1 = p_0 S^2 \left(\frac{1}{V_{01}} + \frac{1}{V_{02}} \right) y_0; k = p_0 S^2 \left(\frac{1}{V_{01}} + \frac{1}{V_{02}} \right);$ $F = k y_0; \vec{F} = -k \vec{y}_0,$ <p>ceea ce dovedește că oscilațiile mici ale pistonului (și ale recipientului) sunt oscilații armonice.</p>	2 p	
<p>Deoarece pe direcție orizontală, asupra sistemului nu acționează forțe exterioare, oscilațiile elementelor sistemului se vor efectua în așa fel încât centrul de masă al sistemului rămâne în repaus.</p> <p>Așa cum indică secvențele din figura alăturată, sistemul fizic oscilant dat este echivalent cu un sistem mecanic format din două corpuri, conectate printr-un resort elastic liniar, care oscilează de-a lungul acestuia, în timp ce centrul lor de masă rămâne în repaus, la momentul inițial cele două corpuri fiind în repaus, iar resortul maxim comprimat.</p>	1 p	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



$X_{\max}M = x_{\max}m;$ $X_{\max} = \frac{my_0}{m+M};$ $x_{\max} = \frac{My_0}{m+M};$ $T = 2\pi \frac{V}{S} \sqrt{\frac{v_1 v_2 m M}{RT(v_1 + v_2)^3 (m+M)}};$ $\frac{V}{S} = l; v_1 = \frac{m_1}{\mu_1}; v_2 = \frac{m_2}{\mu_2}.$	1,5 p	
<p>b)</p>		3
<p>În figura alăturată este evidențiată diferența de nivel dintre cele două coloane ale lichidului din tub, într-un moment oarecare, atunci când rezultanta forțelor care acționează pentru revenirea sistemului în starea de echilibru este:</p>		
$F = G_0 + (p - p_0)S;$ $p - p_0 = p_0 \frac{y}{l};$ $G_0 = m_0 g = 2yS\rho g;$ $F = S \left(2\rho g + \frac{p_0}{l} \right) y;$ $k = S \left(2\rho g + \frac{p_0}{l} \right);$ $F = ky; \quad \vec{F} = -k \vec{y},$	2 p	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

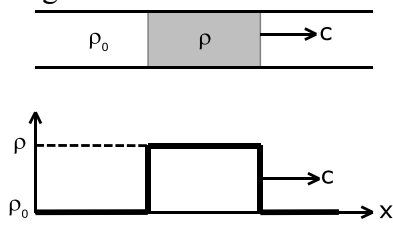


Pagina 8 din 11

ceea ce evidențiază că oscilațiile mici ale coloanei de mercur sunt armonice.		
În aceste condiții, rezultă: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{S \left(2\rho g + \frac{p_0}{l} \right)}}$	1 p	
c)		1
$\frac{p}{p_1} = \frac{R}{R - 2d}$	1 p	
Oficiu		1

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



Subiect 3 Prelucrarea datelor experimentale	Parțial	Punctaj
1. Barem subiect 3		20
<p>a.</p> <p>Prima oscilogramă de pe fig.2 se obține la intrarea 2 a osciloscopului. Semnalul există atâta timp cât cele două tije sunt în contact, adică Δt este timpul de ciocnire dintre tije.</p> <p>A doua oscilogramă se obține la intrarea 1 a osciloscopului. Semnalul apare în momentul în care pulsul sonor datorat ciocnirii ajunge la capătul din stânga al tije L_1 și se poate măsura astfel δt, timpul de propagare al sunetului prin tija L_1. Forma semnalului obținut la intrarea 1 se datorează faptului că tensiunea de la capetele sensorului este alternativă, polaritatea ei fiind în funcție de starea de „comprimare” sau „destindere” a pastilei și este amortizată.</p>	1	2
<p>b.</p> <p>Imediat după ciocnire, în tijă se formează un puls de compresie (o creștere bruscă a densității) prin aglomerarea particulelor. Deci „comprimare” înseamnă un flux de masă prin mișcarea unor particule, adică o creștere a densității și nu o scurtare a dimensiunii tije. Notăm cu ε compresia longitudinală relativă:</p>  $\varepsilon = \frac{\rho - \rho_0}{\Delta \rho}$ <p>și cu u viteza de comprimare:</p> $u = \frac{\rho - \rho_0}{\Delta t}$ <p>De aici rezultă</p> $\frac{u}{\varepsilon} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = c, \text{ viteza de propagare a pulsului (deformației).}$ <p>Forța de tensiune mecanică ce apare în urma acestei „deformații” este:</p> $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta(mu)}{\Delta t} = \frac{\Delta(\rho Sxu)}{\Delta t} = \rho Su \frac{\Delta x}{\Delta t} = \rho Suc = \rho S \varepsilon c^2$ <p>Pe de altă parte, din legea lui Hooke: $F = \sigma S = \varepsilon ES$</p> <p>Din cele două expresii ale forței rezultă formula cerută: $c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$.</p>		4
<p>c. Prin durata ciocnirii tijelor se înțelege timpul cât ele rămân în contact. Cele două tije care au lungimile L_1 și L_2 le putem modela ca două medii perfect elastice (două resorturi foarte moi) care se mișcă unul spre altul.</p>		

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



<p>Înainte de ciocnire, toate spirele resorturilor se mișcă cu viteza v. În momentul ciocnirii apare un puls de compresie care se propagă cu viteza c prin fiecare resort și după trecerea căruia spirele se opresc. În figura ajutătoare de mai jos, zonele de compresie sunt hașurate, iar cele aflate încă în mișcare (zonele destinse, cu distanța dintre spire egală cu cea inițială) sunt nehașurate. Pentru concretețe, am ales $L_2 = 2L_1$. Evoluția procesului este evidentă din desenul de mai sus.</p> <p>Rezultatul care este înscris pe desen este valabil și pentru orice raport al lungimilor celor două tije. Într-adevăr, după starea d) din figura de mai jos, pulsul nu mai poate trece în tija mai scurtă și tijele se vor despărți numai după ce pulsul de destindere va reveni la suprafața de contact a tijelor.</p> <p>Formula (2) este evidentă pentru că senzorul începe să se deformeze când pulsul ajunge la capătul din stânga al tije L_1, adică după timpul $\delta t = L_1/c$.</p>		<p>4</p> <p>2</p>
<p>d. e. Pentru c_2, eroarea relativă se calculează cu formula</p> $\varepsilon_{c_2} = \frac{\Delta L_2}{L_2} + \frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t}$ <p>Din tabel și folosind formula de calcul a vitezei c_2 găsim:</p> <p>$\overline{L_2} = 0,8016m$, $\overline{\Delta t} = 309,92\mu s$ și $\overline{c_2} = 5175m / s$</p>		

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.



Pagina 11 din 11

<p>Preciziile de măsurare se consideră egale cu jumătate din cea mai mică diviziune de pe instrumentul de măsură. Cu ajutorul formulei de mai sus se obține</p> $\varepsilon_{c_2} = 0,945 \cdot 10^{-3} = 0,0945\%$ <p>Deci $\Delta c = \overline{c_2} \cdot \varepsilon_{c_2} = 4,89$</p> <p>Prin urmare unitățile sunt afectate de eroare, deci rezultatul final se scrie</p> $c_2 = (5175 \pm 4) m / s$ <p>Analog se obține</p> $c_1 = (6790 \pm 18) m / s$		<p>2</p> <p>1</p> <p>3 distribuit ca mai sus</p>
Oficiu		2

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.